

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-177003  
(43)Date of publication of application : 13.07.1989

(51)Int.Cl.

G02B 6/32

(21)Application number : 62-335740  
(22)Date of filing : 28.12.1987

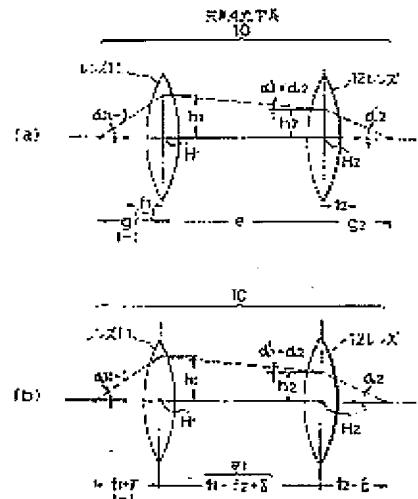
(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>  
(72)Inventor : SHIMIZU MASATOSHI  
MURATA HISASHI  
KOBAYASHI HIDEO  
WATANABE ICHIRO

## (54) COUPLER FOR DIFFERENT OPTICAL FIBERS

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To decrease the connection loss at the juncture of optical fibers by providing a confocal optical system disposed with two pieces of optical lenses in such a manner that the spacing between the lenses is equal to the sum of the focal lengths of the respective optical lenses.

**CONSTITUTION:** The confocal optical system 10 disposed with two pieces of the optical lenses 11, 12 having the focal lengths at which the incident angle of a light beam is below the aperture angles of the respective optical fibers in such a manner that the spacing (e) between the optical lenses is equal to the sum of the focal lengths  $f_1, f_2$  of two pieces of the lenses is used at the time of connecting the optical fiber of a different core diameter between the connecting end parts of the optical fibers of an optical fiber coupler used in an optical fiber circuit. Beam conversion to the photodetecting angle and beam diameter at which the light beam can be propagated to the respective optical fibers of the different core diameters is, therefore, possible. The connection between the optical fibers of the different core diameters is thereby attained at a low loss and low cost.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報 (A)

平1-177003

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>  
G 02 B 6/32識別記号  
序内整理番号

8507-2H

⑭ 公開 平成1年(1989)7月13日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 異種光ファイバ結合器

⑯ 特願 昭62-335740

⑰ 出願 昭62(1987)12月28日

⑱ 発明者 清水 正利 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発明者 村田 久 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 発明者 小林 英夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉑ 発明者 渡辺 一郎 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉒ 出願人 日本電信電話株式会社

㉓ 代理人 弁理士 吉田 精孝

## 明細書

## 1. 発明の名称

異種光ファイバ結合器

## 2. 特許請求の範囲

(1) コア径の異なる光ファイバを接続するための異種光ファイバ結合器において、

光ビームの入射角を各々の光ファイバの開口角以下となす焦点距離を有する2枚の光学レンズからなり、前記2枚の光学レンズの間隔が各々の光学レンズの焦点距離の和に等しくなるように配設した共焦点光学系を各光ファイバの接続端部間に設けた

ことを特徴とする異種光ファイバ結合器。

(2) 中心軸が前記2枚の光学レンズと一致し、しかも前記2枚の光学レンズの間隔を各々の光学レンズの焦点距離の和に等しくなるように保持するレンズホルダと、光ファイバの接続端部の心出しを行なうための1対の心出しフェルールと、各々の心出しフェルールが接続され各々の光ファイバと前記光学レンズとの光軸合わせ並びに位置合わ

せを行なうための一対のガイドスリーブとを備えたことを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の異種光ファイバ結合器。

(3) 前記2枚の光学レンズ間に、磁石、偏光子、YIG結晶等からなる光アイソレータを配設したことを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載の異種光ファイバ結合器。

## 3. 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は、コア径の異なる光ファイバ間の接続に用いる異種光ファイバ結合器に関するものである。

## (従来の技術)

光ファイバは、主に構内網等で使用されているコア径200μm程度のプラスチックファイバから、主に中継線路で使用されているコア径10μm程度のシングルモード(以下、単にSMと称す)型光ファイバまで種々存在するが、以下、一般的に知られているSM型光ファイバとマルチモード(以下、単にMMと称す)型光ファイバとの

接続を例にとり説明する。

主に光通信に用いられている光ファイバは大別すると、コア径  $10 \mu m$  程度の SM 型光ファイバとコア径  $50 \mu m$  程度の MM 型光ファイバに分けることができる。このうち、MM 型光ファイバはコア径が SM 型光ファイバに比べて大きいため SM 型光ファイバよりも製造性が良く低価格であり、しかも伝送装置も低価格であるので、主に加入者光線路において実用化されている。

しかし近年、より高速、広帯域のサービスの必要性及び光ファイバの製造技術の向上に伴い、SM 型光ファイバの加入者光線路への導入が考えられており、この時、伝送装置内或いは線路区間内に既設の MM 型光ファイバと SM 型光ファイバとの接続部を設けなければならない必要性が生じる可能性がある。このような場合に備えて、現在次に示すような対応策が提案されている。

第 1 の方法としては、MM 型光ファイバ用の低価格の伝送装置を用いて SM 型光ファイバ線路に光信号を伝送する場合、或いは第 2 図(a)に示す

ファイバ接続部に光／電気－電気／光変換器を設置しなければならないが、この光／電気－電気／光変換器 3 は高価格のものであるので線路コストの面から設置は困難であり、また双方向通信が不可能であるという問題点があった。

本発明の目的は、上記問題点に鑑み、コア径の異なる光ファイバ間接続を低損失、低価格で実現できる異種光ファイバ結合器を提供することにある。

#### (問題点を解決するための手段)

本発明は上記目的を達成するため、コア径の異なる光ファイバを接続するための異種光ファイバ結合器において、光ビームの入射角を各々の光ファイバの開口角以下となす焦点距離を有する 2 枚の光学レンズからなり、前記 2 枚の光学レンズの間隔が各々の光学レンズの焦点距離の和に等しくなるように配設した共焦点光学系を各光ファイバの接続端部間に設けた。

#### (作用)

本発明によれば、光ファイバ回線内に用いる光

よう、光ファイバ線路内の MM 型光ファイバ 1 と SM 型光ファイバ 2 を接続する場合、光信号が MM 型光ファイバ 1 から SM 型光ファイバ 2 に導波された時の接続損失  $15 \text{ dB}$  程度を予め見込んだ線路設計を行なう方法であり、第 2 の方法としては、第 2 図(b)に示すように、MM 型光ファイバ 1 と SM 型光ファイバ 2 の接続端部間に光／電気－電気／光変換器 3 を挿入し、例えば MM 型光ファイバ 1 からの光信号を受光素子 3a で受光して光／電気－電気／光変換器 3 で電気信号に変換し、更に発光素子 3b を発光させて光信号として SM 型光ファイバ 2 に結合する方法である。

#### (発明が解決しようとする問題点)

しかしながら、上記第 1 の方法によれば、接続損失は MM 型光ファイバを伝播する光信号の伝播モード分布に依存し、定常モード状態においては 1 接続部当たり  $15 \text{ dB}$  程度と大きな接続損失を伴うため、光ファイバ線路内でのこのような接続は適用領域が限定されてしまい、実際にはほとんど接続不可能であり、また第 2 の方法によれば、光フ

ァイバ結合器の光ファイバ接続端部間に、コア径の異なる光ファイバを接続する際に、光ビームの入射角を各々の光ファイバの開口角以下となす焦点距離を有する 2 枚の光学レンズを光学レンズ間隔が 2 枚の焦点距離の和に等しくなるように配設してなる共焦点光学系を用いることにより、コア径の異なる各光ファイバに光ビームの伝播可能な受光角とビーム径にビーム変換することができる。

#### (実施例)

第 1 図は、本発明に係る共焦点光学系 10 の原理を説明するための図であり、以下、その原理を図に従い順を追って説明する。

第 1 図(a)は、2 枚の光学レンズからなる共焦点光学系 10 の主点、焦点、焦点距離と光ビームの近軸追跡の関係を示すもので、第 1 図(a)において、1 1、1 2 は光学レンズ(以下、単にレンズ)、H 1 はレンズ 1 1 の主点、H 2 はレンズ 1 2 の主点、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_1'$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_2'$  は光ビームの傾角、 $f_1$  はレンズ 1 1 の焦点距離、 $f_2$  はレン

ズ1 2 の焦点距離、 $h_1$  はレンズ1 1 の主平面上の像、 $h_2$  はレンズ1 2 の主平面上の像、 $g_1$  はレンズ1 1 の主点且1 を基点にして測定した物体距離、 $g_2$  はレンズ1 2 の主点且2 を基点にして測定した像距離、 $e$  はレンズ1 1 の主点且1 とレンズ1 2 の主点且2 との距離を表している。

ここで、レンズ1 1 を通過した光ビームの傾角 $\alpha_1$  (=  $\alpha_2$ )、レンズ1 2 の物体側主平面上の像 $h_2$  及びレンズ1 2 を通過した光ビームの傾角 $\alpha_2$ ’を式を用いて表すと、下記(1)式から(3)式のように表すことができる。

$$\alpha_1' = \alpha_1 + h_1 \phi_1 - \alpha_2 \quad \dots (1)$$

$$h_2 = h_1 - e \alpha_1' \quad \dots (2)$$

$$\alpha_2' = \alpha_2 + h_2 \phi_2 \quad \dots (3)$$

但し、 $\phi_1 = 1/f_1$ 、 $\phi_2 = 1/f_2$  とする。

ここで、光ビームが伝播する媒質を真空、或いは空気であるとすると、レンズ1 1 の主平面上の像 $h_1$  とレンズ1 2 の主平面上の像 $h_2$  は下記(4)、(5)式で表せる。

$$h_1 = \alpha_1 g_1 \quad \dots (4)$$

レンズ1 1 とレンズ1 2 の間隔 $e_1$  及び像距離 $g_2$  を、焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$  及び変位量 $\tau$ 、 $\delta$ 、 $e$  を用いて表すと下記(6)式から(9)式で表すことができる。

$$g_1 = -f_1 + \tau \quad \dots (6)$$

$$e_1 = f_1 + f_2 + \delta \quad \dots (7)$$

$$g_2 = f_2 + \varepsilon \quad \dots (8)$$

ここで、(6)式の右辺第1項の負号はレンズ1 1 の主点且1 を基点として、この基点即ち主点且1 より左側の長さを負としたためである。また、上記(8)式より変位量 $\varepsilon$  は下記(11)式で表すことができる。

$$\varepsilon = g_2 - f_2 \quad \dots (11)$$

第3図は上記(6)式、(7)式、(8)式、(9)式及び(11)式より、接続する各光ファイバに伝播可能な受光角に対する変位量 $\tau$ 、 $\delta$ 、 $e$ 、傾斜角 $\alpha_2$ ’及び横倍率 $\beta$  ( $= g_2 / g_1$ ) の関係を示している。

第3図(a) は、レンズ1 1 、1 2 の間隔 $e_1$  の変位量 $\delta$  が $-0.4\text{ mm}$ 、 $0.0\text{ mm}$ 、 $0.4\text{ mm}$ 、

$$h_2 = \alpha_2' - g_2 \quad \dots (5)$$

上記(1)式から(5)式より、レンズ1 2 の主点且2 を基点した像距離 $g_2$  は下記(6)式にて表すことができる。

$$g_2 = \frac{a_1 g_1 (1 - e \phi_1) - e \phi_1}{a_2} \quad \dots (6)$$

また、光ビームの傾角 $\alpha_2$ ’は下記(7)式のように書き換えることができる。

$$\alpha_2' = \alpha_1 (1 + g_1 \phi_1) + a_1 \phi_2 (g_1 - e (g_1 \phi_1)) \quad \dots (7)$$

次に、第1図(b) により、光軸方向のレンズの位置ずれ、光軸に垂直方向のレンズの位置ずれが生じた場合の物体距離 $g_1$ 、レンズの間隔 $e_1$ 、像距離 $g_2$  の各変位量と像距離 $g_2$  光ビームの傾角 $\alpha_2$ ’の関係を示す。第1図(b) において、物体距離 $g_1$  の変位量を $\tau$ 、レンズの間隔の $e_1$  の変位量を $\delta$ 、像距離 $g_2$  の変位量を $\varepsilon$  とし、光軸方向にレンズの位置ずれを生じた時の物体距離 $g_1$ 、

0.8 mm の場合の、物体距離 $g_1$  の変位量 $\tau$ 、像距離 $g_2$  の変位量 $\varepsilon$  との関係を示しており、横軸が変位量 $\tau$ 、縦軸が変位量 $\varepsilon$  を表している。同図によれば、物体距離 $g_1$  の変位量 $\tau$  が0より大きいほど像距離 $g_2$  は大きくなり、変位量 $\tau$  が0より小さくなるほど像距離 $g_2$  は小さくなることがわかる。また、レンズの間隔 $e_1$  の変位量 $\delta$  が0より大きくなると変位量 $\tau$  の減少とともに、像距離 $g_2$  は非常に大きな増加を示し、変位量 $\delta$  が0より大きくなると変位量 $\tau$  の減少とともに像距離 $g_2$  は非常に大きな減少を示すことがわかる。

第3図(b) は、レンズ1 1 、1 2 の間隔 $e_1$  の変位量 $\delta$  が $-0.4\text{ mm}$ 、 $0.0\text{ mm}$ 、 $0.4\text{ mm}$ 、

0.8 mm の場合の、物体距離 $g_1$  の変位量 $\tau$ 、光ビームの傾角 $\alpha_2$ ’との関係を示しており、横軸が変位量 $\tau$ 、縦軸が傾角 $\alpha_2$ ’を表している。同図より、変位量 $\delta$  が0の時、物体距離 $g_1$  が変化しても傾角 $\alpha_2$ ’は一定値となることがわかる。これにより、光学レンズ1 1 、1 2 の間隔 $e_1$  に対して $\delta = 0$  とし、2枚のレンズ1 1 、1 2 の光

ビームの傾角をMM型光ファイバ、SM型光ファイバの各々に伝播可能な受光角に合わせることで、対向する光ファイバ間隔の変化に対する受光角の不釣り合いによる光損失を低下させることが可能となる。

また、第3図(c)は、同じくレンズ11、12の間隔 $e_1$ の変位量 $\delta$ が-0.4mm, 0.0mm, 0.4mm, 0.8mmの場合の、物体距離 $g_1$ の変位量 $\gamma$ 、横倍率 $\beta$ との関係を示しており、横軸が変位量 $\delta$ 、縦軸が横倍率 $\beta$ を表している。

同図によれば、変位量 $\gamma$ が0より大きいほど横倍率 $\beta$ は大きくなり、変位量 $\delta$ が0より小さくなるほど横倍率 $\beta$ は小さくなることがわかる。また、レンズ11、12の間隔 $e_1$ の変位量 $\delta$ が0より小さくなると変位量の増加とともに横倍率 $\beta$ は大きな増加を示し、変位量 $\delta$ が0より大きくなると変位量 $\gamma$ の減少とともに横倍率 $\beta$ は大きな減少を示すことがわかる。

第4図(a)は、以上説明した原理に基づく共焦点光学系を用いてMM型光ファイバとSM型光

ファイバを接続した時の接続損失の測定系の構成図であり、第4図(b)はその測定結果を示す図である。第4図(a)において、1aは長さ1kmのMM型光ファイバ、2aは長さ10mのSM型光ファイバ、10aはMM型光ファイバ1aの一端とSM型光ファイバ2aの一端との間に挿入した共焦点光学系で、ロッドレンズ11aとロッドレンズ12aとを、各々の光軸を合わせてロッドレンズ11a、12aの焦点距離の和に等しい間隔を置いて配置してある。20は波長1.3μmの光ビームを出力するLED光源、21はLED光源20とMM型光ファイバ1aの他端間に挿入したGSGダミー励振器、22はSM型光ファイバ2aの他端側に配設したパワーメータである。

第4図(b)は、以上の構成による測定系において、共焦点光学系10aのロッドレンズ11aの焦点距離 $f_1$ を1.9mmとして、ロッドレンズ12aの焦点距離 $f_2$ を3.8mm、5.8mm、7.7mmとし、ロッドレンズ11a、12aの間隔 $e_1 = f_1 + f_2$ とした時に、LED光源20

からの出射光をGSGダミー励振器21を用いてMM型光ファイバ1aを定常モード励振し、共焦点光学系10aを介してSM型光ファイバ2aに入射させ、パワーメータ22でSM型光ファイバ2aの出射光を測定した時の、接続損失の測定結果を示すものである。第4図(b)から、ロッドレンズ11aの焦点距離 $f_1$ を1.9mm、ロッドレンズ12aの焦点距離を5.8mmとした時のMM型光ファイバ1aとSM型光ファイバ2aの接続損失の最小値9.4dBを得られた。また、焦点距離 $f_2$ が5.8mmより大きくなると接続損失が増加するのは、焦点距離の増加により角度ずれの影響が大きくなったものと思われる。

以上説明したように、光ビームの入射角を光ファイバの開口角以下となす焦点距離を有する2枚のレンズを用い、これら2枚のレンズを各々の焦点距離の和に合わせた間隔で配設した共焦点光学系を光ファイバの接続部に挿入することにより、MM型光ファイバとSM型光ファイバとを高い結合効率で接続することができる。

第5図は、本発明による異種光ファイバ結合器の第1の実施例を示す断面図である。図中、1bはMM型光ファイバ、1cはMM型光ファイバのコア、2bはSM型光ファイバ、2cはSM型光ファイバのコア、11b、12bはレンズ、30、31は心出しフェルール、32はガイドスリープ、33はレンズホルダであり、MM型光ファイバ11bは心出しフェルール30、SM型光ファイバ12bは心出しフェルール31により先端部において高精度に心出しされており、一対の心出しフェルール30、31はガイドスリープ32によりレンズ11b、12bとの光軸合わせと位置合わせが行なわれ接続される。また、レンズ11b、12bはレンズホルダ33を用いて、光軸とレンズホルダ32の中心軸とが一致し、さらにレンズ11bの焦点距離とレンズ12bの焦点距離の和に等しい間隔で配置され保持されている。

以上の接続構成において、例えば、MM型光ファイバ1bのコア1cを伝播してきた光信号は心出しフェルール30の端部で出射し、図中、破線

Aで示すような軌跡を描いて、即ち、レンズ11bで平行な光線となり、さらにレンズ12bでSM型光ファイバ2bの開口角以下となるように収束されてSM型光ファイバ2bのコア2cに入射される。これにより、コア径の大きいMM型光ファイバ1bから出射された光信号をコア径の小さいSM型光ファイバ2bに低損失で結合することができ、また、逆にSM型光ファイバ2bから出射した光信号をMM型光ファイバ1bに低損失で結合することは勿論可能であり、双方向通信が低損失で実現できる。

第6図は、本発明による異種光ファイバ結合器の第2の実施例を示す断面図であり、本第2の実施例と前記第1の実施例との相違は、レンズ11bとレンズ12b間に、磁石、偏光子、YIG結晶等により構成した光アイソレータ34を配設したことがある。これにより、MM型光ファイバ1b、SM型光ファイバ2bの各々の端面からの反射光を除去することができ、その他の作用、効果は前記第1の実施例と同一である。

バの接続損失の測定系と測定結果を示す図、第5図は本発明による異種光ファイバ結合器の第1の実施例を示す断面図、第6図は本発明による異種光ファイバ結合器の第2の実施例を示す断面図である。

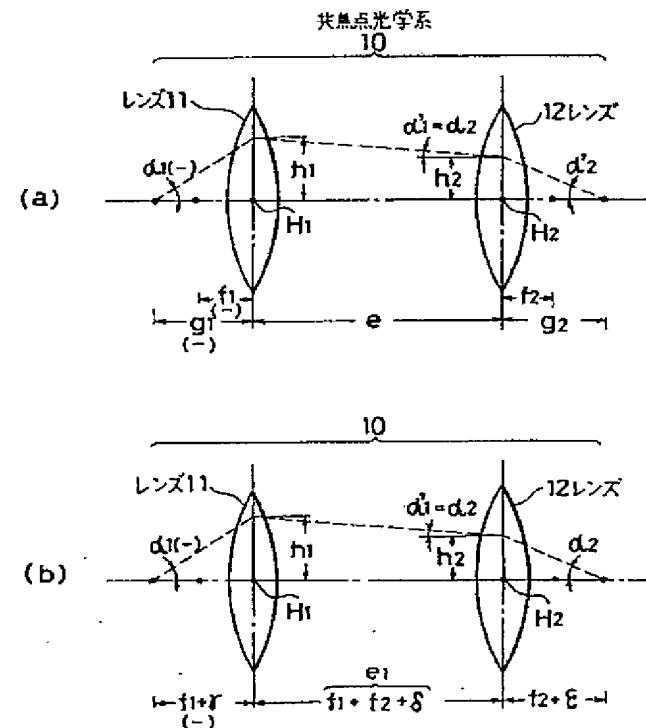
図中、1…マルチモード(MM)型光ファイバ、2…シングルモード(SM)型光ファイバ、10…共焦点光学系、11、12…光学レンズ(ロッドレンズ)、30、31…心出しフェルール、32…ガイドスリーブ、33…レンズホールダ、34…光アイソレータ。

## (発明の効果)

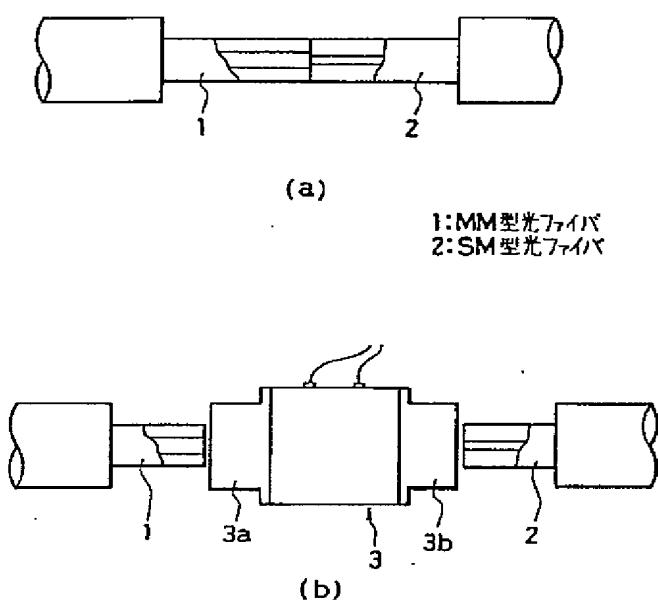
以上説明したように、本発明によれば、コア径の異なる光ファイバを接続するための異種光ファイバ結合器において、光ビームの入射角を各々の光ファイバの開口角以下となす焦点距離を有する2枚の光学レンズからなり、前記2枚の光学レンズの間隔が各々の光学レンズの焦点距離の和に等しくなるように配設した共焦点光学系を各光ファイバの接続端部間に設けたので、コア系の異なる光ファイバに光ビームの伝播可能な受光角とビーム系にビーム変換することができ、接続部における接続損失の低減を図れ、しかも双方向通信可能な異種光ファイバ結合器を低価格で実現できる利点がある。

## 4. 図面の簡単な説明

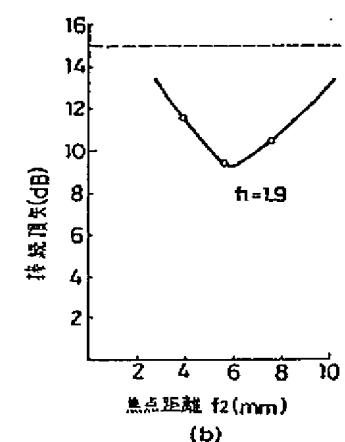
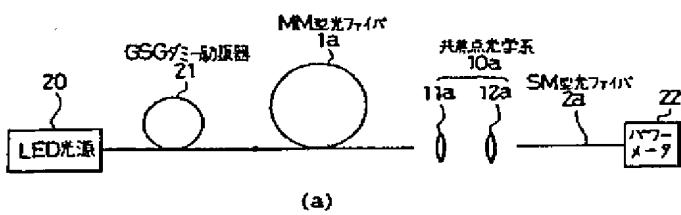
第1図は本発明の原理を説明するための図、第2図は従来の接続方法を示す概念図、第3図は第1図において光軸方向にレンズの位置ずれを生じた時の物体の位置及びレンズの位置の関係を示す図、第4図はMM型光ファイバとSM型光ファイ



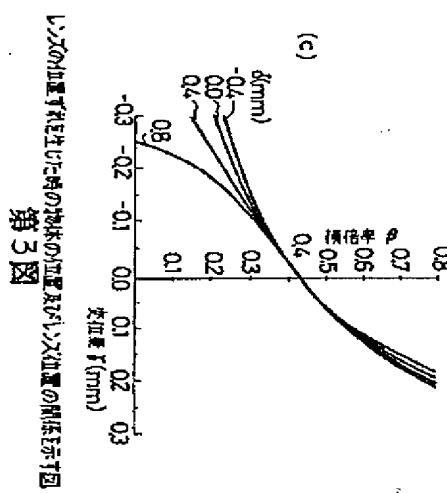
本発明の原理を説明するための図  
第1図



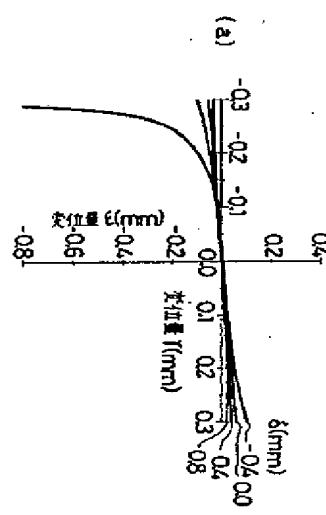
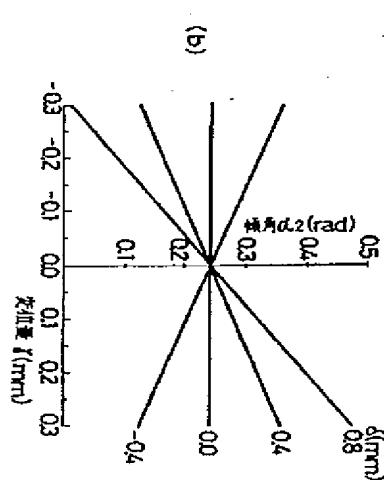
接続の接続方法を示す概念図  
第2図



MM型光ファイバとSM型光ファイバの接続損失の測定系と測定結果を示す図  
第4図

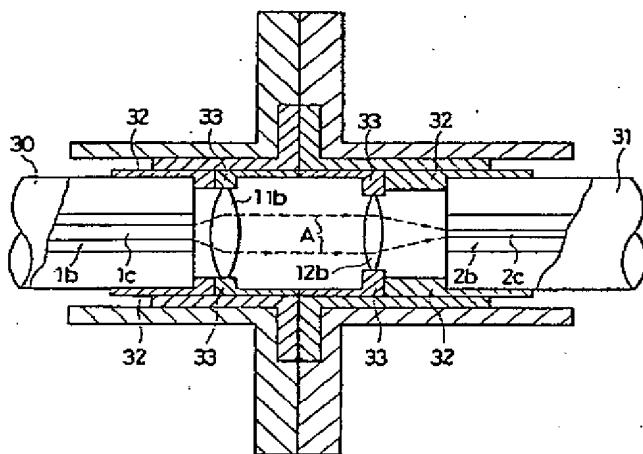


レンズの位置を変化させた時の焦点の位置及び入射位置の関係図  
第3図



1b: MM型光ファイバ  
2b: SM型光ファイバ  
11b]光学レンズ  
12b]

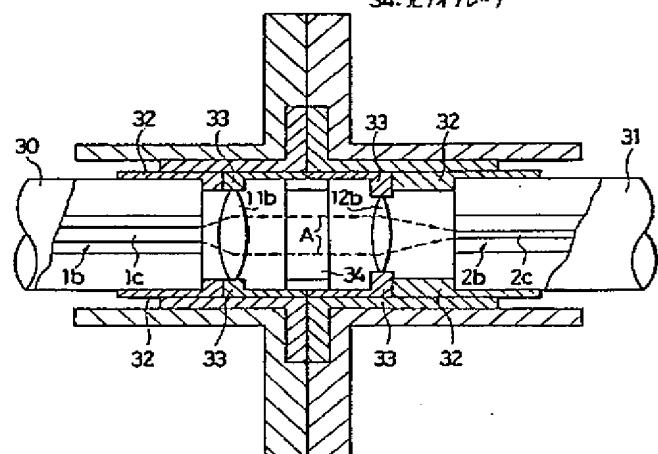
30]心出しフェルール  
31:ガイドストリーブ  
32:ガイドストリーブ  
33:レンズホルダ



本発明の第1の実施例を示す断面図  
第5図

1b: MM型光ファイバ  
2b: SM型光ファイバ  
11b]光学レンズ  
12b]

30]心出しフェルール  
31:ガイドストリーブ  
32:ガイドストリーブ  
33:レンズホルダ  
34:光アイソレータ



本発明の第2の実施例を示す断面図  
第6図